Aus der Abteilung für Zahnerhaltung (Leiter: Dozent Dr. Ritter)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Breslau
(Direktor: Professor Dr. H. Euler)

Die Beeinflussung der faradischen Untersuchung der Zähne durch Füllungen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
bei der
Hohen Medizinischen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau

vorgelegt von

Gerhard Winkelmann

Zahnarzt

Breslau 1939

Druck: Schlesische Verlagsanstalt und Druckerei Karl Klossok KG., Breslau 1

Gedruckt mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Breslau

---

1. Referent: Doz. Dr. Ritter
2. Referent: Prof. Dr. Euler
Dekan: Prof. Dr. Gutzeit

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545813_0026

In vielen Fällen erscheint die faradische Untersuchung als das sicherste Mittel, den Lebenszustand eines Zahnes festzustellen. Häufig sind es bereits gefüllte Zähne, die einer derartigen Prüfung unterzogen werden müssen. Erfahrungsmäßig hat sich dabei ergeben, daß die Füllung nicht ohne Bedeutung für das Untersuchungsergebnis ist. Zweck der vorliegenden Arbeit sollte es daher sein, an Hand praktischer Untersuchungen festzustellen, in welchen Fällen und in welchem Umfange die Füllung das Resultat der faradischen Vitalitätsprüfung beeinflußt.

Es erweist sich als zweckmäßig für die Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen folgende Einteilung zu wählen:

I. Die Methoden zur Vitalitätsprüfung der Pulpa.
II. Die Arten der elektrischen Zahnuntersuchung.
III. Fehlerquellen bei der elektrischen Zahnuntersuchung.
IV. Allgemeines über die durchgeführten Untersuchungen.
V. Die elektrische Leitfähigkeit der Füllmaterialien und harten Zahnsubstanzen.
VI. Untersuchungsergebnisse:
    1. Ein toter Zahn gibt positive Reaktion.
    2. Ein lebender Zahn gibt negative Reaktion.
    3. Der festgestellte Grad der Vitalität entspricht nicht dem wahren Lebenszustand der Pulpa.
VII. Zusammenfassung.

I. Die Methoden zur Vitalitätsprüfung der Pulpa.

Zur Prüfung des Lebenszustandes intakter oder bereits gefüllter Zähne können wir uns verschiedener Methoden bedienen (nach H o w e g):

I. Klinische Methoden:
    1. Die Inspektion der Krone: Fehlen der normalen Transparenz des Schmelzes und Auftreten von Verfärbungen sind oft die Folgen einer zugrundegegangenen Pulpa.
    2. Die Perkussion der Krone bei gleichzeitiger Palpation der Wurzelspitzengegend: Auftreten des sogenannten „Wurzelschwirrens" ist die Folge von Veränderungen im apikalen

Parodontium von Zähnen, deren Pulpen bereits längere Zeit nekrotisch sind.

3. Die Klopfschallprüfung durch Vergleich mit anderen gesunden und intakten Zähnen: Der vitale Zahn gibt einen hellen, der tote einen dumpfen Klang. Diese Methode ist unsicher, wenn der betreffende Zahn gelockert ist.
4. Das Anbohren des zu untersuchenden Zahnes läßt auf Grund der auftretenden oder ausbleibenden Schmerzempfindung auf eine lebende oder tote Pulpa schließen.

II. Physikalische Methoden:

1. Die thermometrische Methode: Läßt man extreme Temperaturen (heiß oder kalt) auf einen Zahn einwirken, so reagiert die lebende Pulpa mit einer Schmerzäußerung. Bei der toten Pulpa bleibt diese Reizwirkung aus.
2. Die Durchleuchtung (Endoskopie): Der Zerfall des Pulpengewebes beim toten Zahn bringt es mit sich, daß bei der Durchleuchtung der Krone mit der Mundlampe die Kronenpulpa verdunkelt erscheint, während die Pulpa im lebenden Zahn keine Schattenbildung zur Folge hat.
3. Die Röntgenaufnahme: Im Röntgenbild sichtbare pathologische Veränderungen der Wurzelspitzengegend (Verschattung, Erweiterung des apikalen Peridontalspaltes) lassen auf einen Zahn mit toter Pulpa schließen.
4. Die elektrische Zahnuntersuchung: Bei dieser Art der Pulpenprüfung handelt es sich um eine direkte Reizung der sensiblen Organe des Zahnmarkes bei der Durchleitung elektrischer Ströme. Da sie uns hier besonders interessiert, soll zunächst allgemein näher auf diese Methode eingegangen werden.

Eine Erklärung für die Reizwirkung des elektrischen Stromes gibt die Theorie von N e r n s t, die folgendes besagt: „Der menschliche Körper stellt einen Leiter II. Ordnung, einen elektrolytischen Leiter, dar, d. h. nur Teile der ihn zusammensetzenden Substanzen übernehmen die Durchleitung der zugeführten elektromotorischen Kraft, die in Form von Stromlinien vor sich geht. Beim Durchgang des Stromes erfolgt nun eine Zersetzung der Atome in negativ und positiv geladene Teilchen, in Ionen, die zur Anode bzw. Kathode wandern, wobei diese Wanderung nicht etwa eine Folge des Stromes ist, sondern letzten Endes den Strom selbst darstellt. Da wir es mit verschiedenen Lösungsmitteln, nämlich Protoplasma und Gewebsflüssigkeit, zu tun haben, kommt es dazu, daß die gleichen Ionen in diesen verschiedenen Lösungsmitteln auch

mit verschiedener Geschwindigkeit wandern, offenbar weil die Reibungswiderstände, die sich ihren Bewegungen entgegenstellen, im Gewebe keine einheitlichen sind. So kommt es an Grenzflächen zur Verdichtung bzw. Verminderung der Ionenzahl, was zur Konzentrationsänderung führt." Diese Änderungen der elektrochemischen Gewebskonzentration macht Nernst verantwortlich für die Reizwirkung des elektrischen Stromes auf sensible, motorische und vasomotorische Nerven.

II. Die Arten der elektrischen Zahnuntersuchung.

Die Methode der elektrischen Zahnuntersuchung wurde im Jahre 1902 von Fuyt-Utrecht als eine neue Möglichkeit der Pulpenprüfung in die Zahnheilkunde eingeführt. Sie wurde besonders von Schröder weiter ausgebaut und hat im Laufe der Zeit die verschiedensten Modifikationen und Verbesserungen erfahren. Zur Zeit werden drei Stromarten zur Vitalitätsprüfung unversehrter oder gefüllter Zähne benutzt:

1. Am meisten finden faradische oder Induktionsströme zur Pulpenprüfung Verwendung. Erzeugt werden diese Ströme mit Hilfe von Induktionsapparaten nach dem Prinzip des Dubois-Reymondschen Schlitteninduktoriums. Eine Spule relativ dicken Drahtes geringer Windungszahl (sogenannte Primärspule) wird von einem Strom durchflossen, der durch Zwischenschaltung eines Wagnerschen Hammers dauernd rhythmisch unterbrochen wird. Diese Öffnung und Schließung des Stromkreises in schneller Folge bewirkt, daß in einer zweiten Spule, aus vielen Windungen dünnen Drahtes bestehend (sogenannte Sekundärspule), die mit der Primärspule auf einem gemeinsamen Eisenkern sitzt, ein Strom hoher Spannung und niedriger Stromstärke induziert wird. Durch Änderung des Abstandes der beiden Spulen voneinander können wir den induzierten Strom weitgehendst verändern, insofern als Annäherung oder Entfernung der Sekundärspule ein Steigen oder Sinken der Spannung des Sekundärstromes zur Folge hat.

Den Sekundärstrom, der einen niederfrequenten Wechselstrom darstellt (ca. 60 Volt Spannung; Bruchteile von Milliampere Stromstärke; 120—150 Wechsel pro Sekunde), machen wir uns zur Reizung und damit zur Prüfung der Pulpa wie folgt zunutze: Die Enden der Sekundärspule werden mit je einer Elektrode verbunden. Die erste, neutrale oder indifferente Elektrode oder inaktiver Pol genannt, ist flächenmäßig relativ groß gehalten. Sie wird in Form von Brust-. Arm- oder Wangenelektroden am Körper appliziert. Die große Kontaktfläche bewirkt, daß die in den

Körper eintretenden Stromlinien nur geringe Dichte besitzen und somit nicht zu Reizerscheinungen führen. Die andere, differente Elektrode, Reizelektrode oder aktiver Pol genannt, ebenfalls in verschiedenen Modifikationen gebräuchlich (Stift-, Metallpinsel-, Schwamm-, Watte-, Tonelektrode) wird an den zu prüfenden Zahn gebracht so, daß also unter Einschaltung des menschlichen Körpers ein geschlossener Stromkreis gebildet ist. Flächenmäßig ist die differente Elektrode sehr klein gehalten, so daß die Stromlinien in möglichst großer Dichte, d. h. der Strom mit verhältnismäßig großer Intensität in den Zahn eintritt und zur Reizung der Pulpa führt.

Neben dieser sogenannten unipolaren Untersuchung der Pulpa ist eine bipolare Prüfung in der Form möglich, daß je eine kleine Elektrode bukkal und lingual an den zu untersuchenden Zahn gelegt wird. Der Strom trachtet, auf dem kürzesten Wege von einer Elektrode zur anderen zu gelangen und führt so zur Reizung der Kronenpulpa. Nur ein geringer, nicht meßbarer Stromanteil wird dabei über die Wurzel geleitet, so daß beispielsweise zur Prüfung pulpenamputierter Zähne diese Methode nicht anwendbar ist. Praktisch wird nun so verfahren, daß zunächst der Sensibilitätspunkt oder die Reizschwelle eines gesunden Zahnes festgestellt wird. (Die beiden Begriffe Reizschwelle und Sensibilitätspunkt bedeuten dasselbe; sie sind Ausdruck für den erhaltenen Skalenwert bzw. die dadurch angegebene Stromstärkengröße, bei der die erste Reaktion auftritt.) Dieser zunächst untersuchte Zahn soll dem zu prüfenden in seiner Bauart entsprechen, im gleichen Kiefer liegen und ungefüllt sein. Nach Möglichkeit ist als Vergleichszahn der korrespondierende, wenn dieser fehlt, der Antagonist zu wählen. Bei angelegten Elektroden wird die Stromstärke langsam und kontinuierlich solange gesteigert, bis der Patient ein deutliches Prickeln oder einen leicht stechenden Schmerz am Zahn empfindet. Darauf wird, mit einem schwächeren Strom beginnend, der verdächtige Zahn untersucht und durch Vergleich der Reizschwellenhöhe auf seinen Pulpa-Zustand geschlossen.

Da es große Schwierigkeiten bereitet, die bei der faradischen Untersuchung verwendeten geringen Stromstärken mit geeigneten, nicht zu schwierig zu handhabenden Instrumenten exakt zu messen, beschränken wir uns bei der Stromstärkenmessung auf die Feststellung des Rollenabstandes (das ist die Größe des Abstandes Primärspule—Sekundärspule) im Moment der Empfindungsäußerung. Wir können somit, wenn wir einen Zahn auf sein elektrisches Verhalten untersuchen, das Subjektive der Methode nicht entbehren, worin ein großer Nachteil liegt.

Eine Unterart der faradischen Untersuchungsmethode ist die auf Schröder zurückzuführende Art der Pulpenprüfung mit sogenanntem sinusoidalem Wechselstrom, d. h. mit Wechselstrom, der in seinem Verlauf dem Sinusgesetz folgt. An modernen Geräten findet diese sogen. „sinusoidale Faradisation" fast ausschließlich Verwendung. Der Vorteil liegt im gleichmäßigen, wellenförmig an- und abschwellenden Verlauf der einzelnen Stromimpulse, was uns eine genauere Feststellung des Sensibilitätspunktes ermöglicht.

2. Die galvanischen Ströme sind die zweite zur elektrischen Zahnuntersuchung verwendete Stromart. Bei dieser Methode wird der Zahn in derselben Form wie bei der faradischen Untersuchung in den Leiterkreis eines schwachen, galvanischen Stromes geschaltet und unter allmählicher Steigerung der Stromstärke mit Unterbrechungen hindurchgeleitet, bis Empfindungsäußerung stattfindet. Da die Reizwirkung des galvanischen Stromes eine geringere ist als die des Induktionsstromes, ist es möglich, infolge der verwendeten größeren Stromstärke, diese zahlenmäßig zu messen, was gegenüber der Verwendung des faradischen Stromes einen Vorteil bedeutet. Der Nachteil dieser Methode ist jedoch die Gefahr, die dem Patienten infolge der größeren Stromstärke in Form von Stromschlägen dann droht, wenn nicht gut isolierte, völlig erdschlußfreie Geräte benutzt werden.

Pulpenprüfungen mit nicht unterbrochenem galvanischem Strom, mit gleichgerichtetem faradischem Strom, mit sogen. Leducschen (periodisch zerhackten, galvanischen) Strömen und die Galvanofaradisation stellen Modifikationen dar, die der Vollständigkeit halber erwähnt seien.

3. Als dritte Stromart kommen zur elektrischen Zahnuntersuchung die sogenannten Arsonvalströme, d. h. Wechselströme, die den Diathermieströmen ähnlich sind, in Frage. Was ihre physiologische Wirkung auf die sensiblen Nerven anbelangt, so ist zu sagen, daß die Reizwirkung zunächst steigt, wenn wir, ausgehend von einem niederfrequenten Wechselstrom, bei gleichbleibender Stromstärke, die Frequenz steigern. Von einer Frequenz von 2000—3000 Wechsel pro Sekunde ab findet jedoch Umkehr statt, und übersteigt die Frequenz 300 000 Wechsel pro Sek., so schwindet jegliche Reizwirkung. Die dadurch möglich werdende Erhöhung der Stromstärke führt zur Steigerung der entstehenden Jouleschen Wärme. Wir haben es dann mit den Diathermieströmen zu tun. Zur elektrischen Zahnuntersuchung kommen demnach nur Hochfrequenzströme in Frage, deren Frequenz unterhalb der bezeichneten Grenze liegt. Praktisch wird die Zahnuntersuchung mit dem Hochfrequenzstrom derart durchgeführt,

daß eine sogenannte Kondensator-Vakuumelektrode an den zu untersuchenden Zahn gebracht wird. Eine zweite indifferente Elektrode, entsprechend der Armbandelektrode bei der Faradisation oder Galvanisation, braucht nicht angelegt zu werden.

III. Fehlerquellen bei der elektrischen Zahnuntersuchung.

Wir verlangen von der elektrischen Zahnuntersuchung ein Ergebnis, auf Grund dessen eine verläßliche Diagnose gestellt werden kann. Es muß möglich sein, sicher festzustellen, ob ein untersuchter Zahn lebt oder tot ist, und, falls er lebt, ob seine Pulpa normal, entzündet oder degeneriert ist. Die Diagnose der einzelnen Pulpitisformen mit Hilfe der faradischen Untersuchung, wie sie Hesse, Schröder und Frohmann beschreiben, ist nach neuerer Anschauung nicht möglich (Rebel, Misch, Greth, Moschner).

Erfahrungsmäßig haben sich, was die Auswertung der elektrischen Zahnuntersuchung betrifft, Feststellungen ergeben, die Schröder folgendermaßen darstellt: „Zähne mit gesundem Schmelzmantel und lebender Pulpa reagieren auf einem gewissen, der Empfindlichkeit des Individuums angepaßten elektrischen Reiz, mag er nun durch Öffnung oder Schließung eines Gleichstromes oder durch Induktionsstrom erzeugt sein, mit einem prickelnden, mehr oder minder schmerzhaften Gefühl. Zähne mit irritierten oder entzündeten Pulpen reagieren bereits auf einen schwächeren elektrischen Reiz, der in dem korrespondierenden gesunden Zahn derselben Gattung nicht mehr wahrgenommen wird. Dagegen ruft der elektrische Reiz an toten, pulpenlosen Zähnen keinerlei Reaktion hervor." Außerdem ist er der Meinung, daß auch tote, äußerlich intakte Zähne reagieren können, und zwar wenn ihre Pulpa flüssig zerfallen ist. Es kommt dann infolge der guten elektrischen Leitfähigkeit des verflüssigten Pulpengewebes zur Stromableitung in das apikale Parodontium. Dem steht die Meinung Heß' gegenüber, der behauptet, daß, unabhängig vom jeweiligen Zustand der nekrotischen Pulpa, nie eine Reaktion auftritt.

Falsche Resultate der elektrischen Zahnuntersuchung können grundsätzlich aus zwei Ursachen heraus entstehen. Zunächst müssen wir bei der vergleichenden Untersuchung damit rechnen, daß zu prüfender Zahn und Vergleichszahn schon im normalen Zustand nicht die gleiche Sensibilität besitzen, weiter, daß Schwankungen der Sensibilität möglich sind. Während von manchen Autoren stets gleiche Reizschwelle gleichartiger Zähne angenommen wird, stellt Schröder Schwankungen bis zu einem

Teilstrich fest und Immerschidt zeigt an Hand von Vergleichsmessungen, daß in 18% aller Fälle Übereinstimmung der Sensibilität besteht, in 11% der Fälle der Vergleich nicht möglich ist, und beim Rest Abweichungen von über 1 Grad auftreten. Diese Fehler können wir nicht beseitigen, denn wir sind auf die vergleichende Untersuchung und damit auf die Angabe von Vergleichswerten angewiesen, da, wie bereits früher erwähnt, die Angabe absoluter, allgemeingültiger Werte nicht möglicht ist.

Die zweite Ursache für Fehldiagnosen kann darin liegen, daß die praktische Ausführung der Untersuchung nicht exakt vorgenommen wird oder Faktoren, die das Ergebnis stören können, außer acht gelassen werden. Es ergeben sich dann drei Möglichkeiten eines falschen Resultates:

1. Ein toter Zahn gibt positive Reaktion.
2. Ein lebender Zahn gibt negative Reaktion.
3. Der festgestellte Grad der Vitalität entspricht nicht dem wahren Lebenszustand der Pulpa.

In der Literatur über die elektrische Zahnuntersuchung ist an vielen Stellen erwähnt, daß die an Zahnkronen bestehenden Füllungen das Ergebnis der Vitalitätsprüfung stören können. Doch sind die Meinungen darüber geteilt. Der eine Teil der Autoren schreibt der Füllung einen großen Einfluß zu, der andere dagegen stimmt dieser Ansicht nicht in demselben Umfange zu. Es sollte daher an Hand praktischer Untersuchungen festgestellt werden, inwieweit bei der faradischen Vitalitätsprüfung die Füllung als beeinflussender Faktor zu werten ist.

IV. Allgemeines über die durchgeführten Untersuchungen.

Sämtliche Untersuchungen wurden mit einer fahrbaren „Emda-Schalttafel", die sinusoidalen Wechselstrom lieferte, durchgeführt. Die Skala des Reguliergriffes war von 1—10 Grad geeicht. Zwischen je zwei großen Teilstrichen war nochmals eine zehnfache Unterteilung vorgesehen. Als Stromquelle wurde der auch zum Betrieb anderer elektrischer Geräte benutzte Kraftstrom (Gleichstrom) 220 Volt, 6 Amp. verwandt. Eine Armbandelektrode von 4,5×5,5 cm Oberfläche, mit saugfähigem Leder bezogen, diente als inaktiver Pol. Nach guter Anfeuchtung wurde sie mit Hilfe eines Gummibandes am Armgelenk befestigt. Es wurde stets der rechte Arm des Patienten zum Anlegen dieser Elektrode benutzt. Als aktiver Pol diente eine „Emda-Zahnprüfelektrode", ein Metallstift mit langem, isolierendem Hartgummigriff, an dessen Ende sich die Festklemmschraube zur Befestigung der Anschlußschnur befand.

Um die Fehlerquellen auf ein Minimum zu reduzieren, wurde bei den Untersuchungen grundsätzlich folgendes beachtet:

1. Die Trockenlegung wurde stets sorgfältig durchgeführt.

Wie von Greth angestellte Vergleichsmessungen und eigene Vorversuche zeigten, ergaben Prüfungen mit angelegtem Spanngummi und Untersuchungen mit einfacher Trockenlegung (Watterollen, Luftbläser) keine verschiedenen Resultate. Es wurde daher davon abgesehen, die Untersuchungen systematisch mit Gummianlage vorzunehmen und wie folgt verfahren: Über den zu untersuchenden Zahn wurde nach Entfernung etwa vorhandener Beläge ein in der Mitte mit Stanzloch versehenes Gummifleckchen von ca. 5×5 cm Größe bis zum Zahnfleisch gestülpt, darauf die Krone mit Alkohol abgetupft und mit Hilfe des Luftbläsers getrocknet. Das Gummifleckchen diente neben der Unterstützung der Trockenhaltung auch gleichzeitig bei geschlossener Zahnreihe zur Isolierung des betreffenden Zahnes von seinen Nachbarn. Nur in besonderen Fällen (starker Speichelfluß, ängstliche oder unruhige Patienten) wurde zur Erleichterung der Untersuchung vollständige Gummianlage durchgeführt. Nach Anlage des Spanngummis wurde dann die Isolierung des zu prüfenden Zahnes von seinen Nachbarn in der eben beschriebenen Form vorgenommen.

2. Die Größe des ausgelösten Reizes hängt von der Dichte der in den Zahn eintretenden Stromlinien ab. Diese wiederum ist abhängig von der Größe der Elektrodenkontaktfläche. Variationen der Elektrodenfläche sollten daher nach Möglichkeit vermieden werden. Sie sind bei Verwendung von Elektroden, deren Spitze mit Watte umwickelt ist, oder bei Benutzung von Wundschwämmchen als leitende Zwischenschicht, schwer zu umgehen. Es wurde zu diesem Zwecke auf eine von Münlist empfohlene und von ihm verwendete Flächenelektrode zurückgegriffen, die sich im Laufe der Untersuchungen bewährte: Löschpapier und 0,03 mm starkes Staniolpapier wurden zusammen zu kleinen Plättchen von 3 mm Durchmesser gestanzt. Diese Plättchen wurden nach Anfeuchtung am zu prüfenden Zahn appliziert (das Löschpapier zahnwärts) und die Elektrode auf die Staniolbedeckung gesetzt. Zur Anfeuchtung wurde physiologische Kochsalzlösung verwendet, der, um ein besseres Haften des Löschpapier-Staniolplättchens an den Kronenflächen zu ermöglichen, zur Erhöhung der Klebkraft ca. 5% Gelatine zugesetzt wurde. Die Plättchen wurden nach Eintauchen in die Lösung an Zellstoff abgetupft, so daß das Löschpapier einen stets annähernd gleichen Feuchtigkeitsgrad besaß, wodurch auch falsche Resultate infolge wechselnder Feuchtigkeit der Elektrode nach Möglichkeit ausgeschlossen wurden. Gleich-

zeitig wurde so jedes Überfließen von Kochsalzlösung vermieden, was besonders bei Untersuchungen in der Nähe von Füllungsrändern von Wichtigkeit war. Die Staniolbedeckung gewährleistete eine gleichmäßige Durchdringung des getränkten Löschpapiers mit Stromlinien, so daß mit einer stets konstanten Elektrodenfläche zu rechnen war.

3. Um besonders bei der Untersuchung vitaler Zähne möglichst genaue Skalenwerte zu erhalten, wurde wie folgt verfahren: Durch Drehen des Reguliergriffes wurde zunächst ungefähr der Punkt bestimmt, bei dem der Patient den Beginn einer Empfindung spürte, was durch Heben der Hand angezeigt wurde. Nun wurde die Skala um einen großen Teilstrich zurückgedreht und der Patient nochmals angewiesen, nun besonders gut auf die erste Empfindung zu achten. Durch ganz langsames Drehen des Reguliergriffes wurde der genaue Skalenpunkt, der dem Sensibilitätspunkt entsprach, festgestellt. Nun wurde um fünf feine Teilstriche zurückgedreht und zur Kontrolle noch ein drittes Mal der betreffende Skalenwert ermittelt.

V. Die elektrische Leitfähigkeit der Füllmaterialien und harten Zahnsubstanzen.

Vor der Auswertung der Untersuchungsergebnisse soll nun noch im Zusammenhang einiges über die elektrische Leitfähigkeit der einzelnen Füllungsmaterialien im Vergleich zur Leitfähigkeit der Zahnsubstanzen bemerkt werden: Schröder, der in dieser Hinsicht als erster Versuche anstellte, kam zu dem Resultat, daß normaler Schmelz frisch extrahierter Zähne dem Induktionsstrom einen viel größeren Widerstand entgegensetzt als das zugehörige Zahnbein. Er gab an, daß der elektrische Widerstand des Schmelzes zwanzigmal größer ist als der des Dentins doppelter Stärke. Durch Messungen an teils extrahierten und entsprechend präparierten, teils im Munde befindlichen Zähnen mit der Wheatstone'schen Brücke ist man in neuerer Zeit zu folgenden Resultaten gelangt, die Mittelwerte darstellen:

	Widerstandskoeffizient	Leitfähigkeit
Schmelz	ca. 17,550 Ohm	ca. 0,000057
Dentin	ca. 2,125 Ohm	ca. 0,00047

d. h. die Leitfähigkeit des Schmelzes verhält sich zu der des Dentins wie 1:8,5. Die neuesten Untersuchungen über den spezifischen Widerstand des Dentins, von Mathis und Adler angestellt, führten zu keinem einheitlichen Resultat, ergeben jedoch unvergleichlich höhere Werte.

Über die elektrische Leitfähigkeit der Füllungsmaterialien berichteten zunächst Moral und G. Fischer gleichlautend folgendes: Guttapercha, Porzellan, Paraffin und Wachs setzen dem Strom den größten Widerstand entgegen, d. h. sie sind praktisch als Nichtleiter zu betrachten, was schon ihre Verwendung in der Elektrotechnik als Isolatoren zeigt. Ihnen stehen die Füllungsmaterialien gegenüber, die dem Strom kaum nennenswerten Widerstand entgegensetzen, wie sämtliche Amalgame, Gold in allen Legierungen, Platin, Silber und andere zu Füllzwecken verwandte Metalle. Ihr Widerstand beträgt nur Hundertstel Ohm, d. h. sie sind praktisch als sehr gute Stromleiter zu bezeichnen. In der Mitte stehen die Zemente, über deren elektrischen Widerstand wiederum von Mathis und Adler eingehende Untersuchungen durchgeführt worden sind. Sie kamen zu dem Schluß, daß praktisch alle Zemente dem elektrischen Strom einen relativ hohen Widerstand entgegensetzen, daß sich jedoch eine für alle Zemente gültige Zahl nicht angeben läßt, da die Werte bei den einzelnen Sorten und Arten voneinander abweichen. Wesentlich ist auch in diesem Zusammenhang nur die Tatsache, daß sowohl Silikat- als auch Phosphatzemente den elektrischen Strom weit besser leiten als gesunder Schmelz (Moral und G. Fischer).

VI. Untersuchungsergebnisse:

„Ein toter Zahn gibt positive Reaktion", „ein lebender Zahn gibt negative Reaktion" und „der festgestellte Grad der Vitalität entspricht nicht dem wahren Lebenszustand der Pulpa", sind, wie bereits früher erwähnt, die drei Möglichkeiten von Fehldiagnosen bei der faradischen Untersuchung. In welchen Fällen und in welchem Umfange die Füllung Ursache für ein falsches Resultat sein kann, soll nun beschrieben werden.

1. Ein toter Zahn gibt positive Reaktion.

Zunächst seien die möglichen Untersuchungsfehler angeführt, die zu diesem falschen Resultat Anlaß geben können.

1. Die Trockenlegung der Krone war mangelhaft oder
2. die zur Anfeuchtung der Elektrode verwendete Flüssigkeit war zum Zahnfleischrand geflossen und Stromableitung führte in beiden Fällen zur Reizung der Gingiva.
3. Speichel oder die zur Anfeuchtung verwendete Lösung standen mit einer schmelzdünnen oder gar schmelzfreien Stelle eines vitalen Nachbarzahnes in Berührung oder bei Engstand der Zähne wurde Separation bzw. Isolierung durch Kofferdam unterlassen.

4. Die Elektrode wurde nicht auf Schmelz, sondern auf freiliegendes Dentin gesetzt, was zur Reizung des Parodontiums infolge von Stromableitung auf dem Wege über das Wurzeldentin führte.
5. Bei mehrwurzligen Zähnen wurde außer acht gelassen, daß die Elektrode sowohl bukkal als auch lingual bzw. palatinal angelegt werden muß. Wird dies nicht beachtet, so können sich Täuschungen ergeben, sobald nicht alle Wurzelpulpen abgestorben bzw. konservierend behandelt worden sind.

Inwieweit in diesem Falle Füllungen, sowohl der Krone als auch der Wurzel, die elektrische Untersuchung stören können, sollte untersucht werden, wobei vorausgeschickt sei, daß grundsätzlich nur Zähne zur Untersuchung Verwendung fanden, die vorher vom Verfasser oder im klinischen Kurs der konservierenden Abteilung des Universitäts-Instituts devitalisiert und wurzelgefüllt waren, und daß Zähne mit gereiztem Parodontium stets ausgeschlossen wurden. Es sind in dieser ersten Versuchsreihe die für die konservierende Versorgung pulpatoter Zähne am häufigsten verwendeten Füllmaterialien untersucht worden, nämlich Zemente und Metalle. Da eine Berücksichtigung der einzelnen Arten der metallischen Füllmittel und der einzelnen Zementsorten und -arten bei der Auswertung der Ergebnisse keinerlei Schlüsse ziehen ließ, eine derartig feine Unterscheidung auch praktisch keine Bedeutung hätte, wurden nur die beiden Gruppen Zement- und Metallfüllungen unterschieden. Stets wurde auch die Größe der betreffenden Füllung berücksichtigt und wie folgt registriert:

1. Kleine Füllung = Ausdehnung auf nur eine Kronenfläche.
2. Große Füllung = Ausdehnung auf zwei Kronenflächen.
3. Sehr große Füllung = größere Teile der Krone sind durch Füllmaterial ersetzt.

Besitzt nun ein pulpatoter Zahn eine Füllung, die bis unter den Zahnfleischrand reicht, so ist leicht ersichtlich, daß eine Berührung sowohl der Zement- als auch der Metallfüllung stets vermieden werden muß, da sie einer Berührung der Gingiva gleichkommt und bei jedem nekrotischen Zahn zu einer scheinbar positiven Reaktion infolge Zahnfleischreizung führen muß. Es wurden 60 Zähne untersucht und folgendes Resultat erhalten:

Füllung	Zahl der Fälle	positive Reaktion	Skalenwert
Metall	44	44	1.0—5.0
Zement	16	16	2.2—4.8

Die Patienten konnten bei dieser Prüfung häufig angeben, daß sie eine andere Empfindung als bei der Untersuchung eines

vitalen Zahnes gespürt hätten. „Diesmal war es nicht im Zahn“ oder „Es stach am Zahnfleisch“ oder „Es tat nicht im Zahn weh“ wurde bisweilen geäußert. Um nun festzustellen, ob es bei Nichtbenutzung der Füllung als Kontaktfläche eventuell auf dem Wege über das Füllungsmaterial zu einer Ableitung des Stromes zur Gingiva kommen kann, wurde jeweils bei demselben Zahn eine weitere Untersuchung durchgeführt und diesmal die Elektrode auf Schmelz gesetzt:

Füllung	Zahl d. Fälle	posit. Reakt.	negat. Reakt.	Skalenwerte
Metall	44	14 = ca. 32%	30 = 68%	4,2—9,1
Zement	16	5 = ca. 31%	11 = 69%	5,0—8,5

	Von den Zähnen mit:		
	kleinen Füllungen	großen Füllungen	sehr gr. Füllungen
		reagierten positiv:	
Metall	—	32,5%	40,0%
Zement	—	37,5%	50,0%

Auch bei dieser Prüfung wurde bisweilen geäußert, daß die Empfindung eine andere war als bei der Untersuchung eines vitalen Zahnes. Weiter ließ sich feststellen, daß der Beginn der Empfindung von den Patienten oft unsicher angegeben wurde und Steigerung der Stromstärke häufig keine wesentliche Verstärkung der Empfindung zur Folge hatte, sondern daß nur ein leichtes Prickeln zu spüren war. Die erhaltenen Skalenwerte lagen höher als bei direkter Berührung der Füllung mit der Elektrode, was natürlich auf die Zwischenschaltung des Schmelzes als relativ schlechter Stromleiter zurückzuführen war.

Wir kommen somit zu dem Schluß, daß bei der faradischen Vitalitätsprüfung von Zähnen, deren Füllungen unter den Zahnfleischrand reichen, eine Berührung der Füllung mit der Elektrode auf alle Fälle vermieden werden muß, da sie stets eine Reaktion zur Folge hat. Unter Umständen kann es bei diesen pulpatoten Zähnen auch dann noch zu einer Reaktion kommen, wenn die Elektrode auf Schmelz gesetzt wird. Die dabei erhaltenen Skalenwerte können den Reizschwellen vitaler Zähne entsprechen. Besonders Füllungen größerer Ausdehnung sind Ursache für dieses falsche Resultat. Falls der Patient nicht imstande ist, diese Reaktion, die eine Reizung des Zahnfleisches ist, von einer Pulpenreizung zu unterscheiden — Intelligenz und Reaktionsfähigkeit des Untersuchten sind dabei natürlich zu berücksichtigende Faktoren — kann dies zu Fehldiagnosen Anlaß geben.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Prüfung eines pulpatoten Zahnes, der eine Füllung besitzt, die den Zahnfleischrand nicht erreicht. Hierzu schreibt von an der Lahn: „Ist eine

Metallfüllung von der Gingiva durch Schmelz getrennt, so hängt ihre Benutzung von der zu erwartenden Diagnose ab. Bei Verdacht auf tote Pulpa ist die Füllung, als guter Stromleiter, ein Erleichterungsmittel, indem die eventuelle Reaktion nur rascher ausgelöst wird." Von an der Lahn schließt somit die Möglichkeit der Reaktion eines toten Zahnes aus, doch schreibt Leist: „Wenn man bei einem nekrotischen Zahn die Elektrode an eine Metallfüllung legt, so wird die Stromstärke so groß, daß es zu einer Reaktion des Periosts kommt." Gestützt auf Witzels Untersuchungen berichtet Schröder hierzu: „Gefüllte, pulpatote, nicht wurzelkranke Zähne reagieren sofort, wenn man ihre Füllungen, auch wenn diese nicht bis zum Zahnfleisch reichen, mit der Elektrode berührt." Rebel sagt auf Grund seiner praktischen Erfahrungen: „Überall da aber, wo die Leitungswiderstände stark herabgesetzt sind, wird trotz Vorliegen einer toten Pulpa der Strom ansprechen, z. B. wenn die Elektrode auf eine Metallfüllung aufgelegt wird." Howeg berichtet, daß es auch dann zur scheinbaren Reaktion eines pulpatoten Zahnes kommen kann, wenn die Elektrode in der Nähe einer nicht das Zahnfleisch berührenden Füllung auf Schmelz gesetzt wird. Er erklärt diese Erscheinung mit einem Überspringen des Stromes auf das kaum Widerstand leistende Füllungsmaterial und seiner Ableitung zur Wurzelhaut. Einheitlich sind also die in dieser Hinsicht bestehenden Ansichten nicht.

Insgesamt wurden 100 pulpatote Zähne mit mehr oder weniger großen, nicht das Zahnfleisch berührenden Füllungen untersucht. Zunächst wurde die Elektrode nach dem Vorschlag von an der Lahn's auf die Füllung gesetzt:

Füllung	Zahl d. Fälle	posit. Rekat.	negat. Reakt.	Skalenwerte
Metall	36	28 = ca. 78%	8 = 22%	1,6—9,5
Zement	64	27 = ca. 42%	37 = 56%	1,6—9,0
	100	55%	45%	

	Von den Zähnen mit:		
	kleinen Füllungen	großen Füllungen	sehr gr. Füllungen
	reagierten positiv:		
Metall	50%	93%	100%
Zement	25%	50%	100%

Was die Qualität der gespürten Empfindung anbelangte, so konnten von den Patienten keine Angaben über einen Unterschied zur Reaktion eines vitalen Zahnes, die auch hier häufig zum Vergleich herangezogen wurde, gemacht werden. Lediglich in den bei sehr hohen Skalengraden reagierenden Fällen wurde bis-

weilen statt der sonst leicht stechenden Schmerzempfindung von dem Gefühl eines „Schwirrens, Zitterns oder Prickelns" an dem betreffenden Zahn berichtet. Da nur die Wurzelhaut als empfindendes Organ in Frage kam, handelte es sich hier also um eine Stromfortleitung von der Füllung über das relativ gut leitende Kronen- und Wurzeldentin zum Parodontium und um die Auslösung einer Reaktion, die subjektiv von einer Pulpenreizung nicht zu trennen war. Um auch hier zu untersuchen, ob es zu einer Empfindung infolge von Stromfortleitung kommen konnte, wenn die Berührung der Füllung vermieden wurde, wurde wiederum jeweils an dem betreffenden Zahn eine zweite Prüfung vorgenommen und die Elektrode auf Schmelz gesetzt:

Füllung	Zahl d. Fälle	posit. Reakt.	negat. Reakt.	Skalenwerte
Metall	36	8 = ca. 22%	28 = 78%	1,8—8,5
Zement	64	9 = ca. 14%	55 = 86%	3,2—9,5
	100	17%	83%	

	Von den Zähnen mit:		
	kleinen Füllungen	großen Füllungen	sehr gr. Füllungen
	reagierten positiv:		
Metall	19%	13%	60%
Zement	17%	12,5%	50%

Auch hier machte sich, wie in der letzten Versuchsreihe, die Zwischenschaltung des Schmelzes als schlechter Stromleiter bemerkbar, was seinen Ausdruck in den erhaltenen höheren Skalengraden fand. Weiter zeigte auch das letzte Resultat, daß die Wahrscheinlichkeit der Reaktion eines pulpatoten Zahnes Beziehungen zur Größe der Füllung hatte, die der betreffende Zahn trug.

Da stets bei den Untersuchungen auch die Art des Wurzelfüllmaterials (bei bereits gefüllten Zähnen auf Grund der Eintragung in die Karteikarte) registriert wurde, konnten gleichzeitig auch in dieser Hinsicht Folgerungen über einen eventuellen Einfluß gezogen werden, obgleich wir natürlich nie die Wurzelfüllung allein für die eingetretene Parodontiumreizung verantwortlich machen können, sondern immer damit rechnen müssen, daß, wie bereits beschrieben, in erster Linie direkt von der Füllung aus eine Stromleitung über das Dentin des Kronenpulpenbodens und über die oberen Teile des Wurzeldentins zum Parodontium stattfindet und sich so häufig zwei Erscheinungen überschneiden.

Es ist hier der Ort, einiges über die Art der Stromausbreitung in den Zahnsubstanzen zu berichten. Leist nimmt an, daß die Verteilung des Stromes bzw. der Stromlinien im Zahn in Form

einer Streuung vor sich geht, entsprechend der Anordnung eines Strahlenbüschels, dessen Scheitelpunkt die Elektrode darstellt. Durch im Zahn befindliche gute Stromleiter soll eine Konzentration der Stromlinien und damit Reizverstärkung stattfinden. So einleuchtend diese Erklärung erscheint, so ist sie physikalisch als nicht ganz zutreffend zu bezeichnen, denn erstens ist eine Berechnung oder geometrische Konstruktion der Stromlinienverteilung im menschlichen Gewebe nicht möglich, und außerdem ist auch für die Zahnsubstanzen die physikalische Tatsache maßgebend, daß, wie in allen ausgedehnten Leitern, die Stromverteilung proportional zur spezifischen Leitfähigkeit vor sich geht, d. h. der Weg geringsten Widerstandes bevorzugt wird. Das müssen wir berücksichtigen, um eine Erklärung für die Art der bisweilen stattfindenden Stromableitung zum Parodontium, die bei pulpatoten Zähnen zur Auslösung einer Empfindung führt, zu finden. Wird die Elektrode auf die Zement- oder Metallfüllung gesetzt, so ist anzunehmen, daß der Hauptanteil des Stromes durch das relativ widerstandsarme Füllungsmaterial fließt und von diesem seinen Weg über das noch dazwischenliegende Dentin der Wurzel oder, bei mehrwurzligen Zähnen, des Kronenkavakumbodens zum Parodontium nimmt; d. h. die Füllung wirkt wie eine Elektrode, die innerhalb der Krone mit Dentin in Berührung steht. Da erfahrungsmäßig schon Berührung schmelzentblößter Stellen der Zahnkrone mit der Elektrode in den meisten Fällen zur Parodontiumreizung führt, ist dieselbe Wirkung bei Benutzung der Füllung als Kontaktfläche leicht erklärlich. Wird die Elektrode auf Schmelz gesetzt, so wird der Stromweg bei genügender Größe der Füllung zunächst durch Schmelz und Dentin zu dieser führen und dann wie oben beschrieben weitergehen. Es muß also möglichst viel Zahnsubstanz auf dem Stromwege durch gutleitendes Füllungsmaterial ersetzt sein und weiter dieses Füllungsmaterial in seiner Ausdehnung in möglichste Nähe des Parodontiums reichen, um einen leichten Stromübertritt zu gewähren, d. h. es ist wesentlich, daß die Füllung eine gewisse Größe besitzt, um bei den zur Untersuchung verwendeten Stromstärken noch zu einer Parodontiumreizung zu führen. Ist der Weg über die leitende Wurzelfüllung zum Parodontium der widerstandsärmere, so wird er natürlich bevorzugt werden, was wohl stets dann eintreten wird, wenn die Füllung relativ klein ist. Es ist anzunehmen und wurde bereits erwähnt, daß oft beide Wege gleichzeitig zur Stromableitung führen werden. Die Tatsache, daß bei den devitalisierten Zähnen Prüfungen vor dem Einbringen des Füllmaterials nie zu einer Reaktion führten, während nach Beendigung der Behandlung in mehreren Fällen das Gegenteil eintrat, sprach für

die Annahme, daß die Stromableitung durch die Anwesenheit der Füllung bedingt war.

Was nun das Wurzelfüllungsmaterial anbelangt, so schreibt Schröder: „Es ist in diesem Falle (nämlich bei Berührung der Füllung mit der Elektrode) gleichgültig, ob die Pulpahöhle leer oder gefüllt ist mit Zement oder irgendeiner Paste. Ist dagegen Pulpahöhle und Wurzelkanal mit Guttapercha oder Asbest abgeschlossen, so ist die Reaktion eine wesentlich schwächere oder fällt ganz aus. Diese Erscheinungen werden dadurch erklärt, daß die Füllungsmaterialien, auch die Phosphat- und Silikatzemente, dem Strom bei weitem nicht den Widerstand entgegensetzen wie gesunder Schmelz", und Leist sagt, daß ein toter Zahn positive Reaktion geben kann, wenn ein guter Stromleiter den Strom direkt zum Periost führt, z. B. bei metallischer Wurzelfüllung. Von den untersuchten Zähnen war der größte Teil mit Paste (Dorn und Walkhoff) und Guttaperchastiften wurzelgefüllt. 47,7% der so behandelten Zähne zeigte bei Benützung der Füllung als Kontaktfläche eine Reaktion. Bei den nur mit Paste wurzelgefüllten Zähnen zeigten unter denselben Umständen 50% eine Reaktion. Es besteht also kein wesentlicher Unterschied und das ist wohl darauf zurückzuführen, daß wir letzten Endes die Guttaperchapoint-Pastenwurzelfüllung nicht als isolierendes Medium betrachten können, da der Guttaperchastift, der an sich als Nichtleiter zu bezeichnen ist, selten völlig wandständig im Kanal sitzt und bis zum Foramen apikale reicht. Es ist somit eine Stromleitung in der außerdem noch vorhandenen Paste möglich. Anders lagen die Verhältnisse bei mit Silberstiften wurzelgefüllten Zähnen. 23 Fälle waren entsprechend behandelt worden. Bei ihnen führte Berührung der Füllung mit der Elektrode in ca. 82% und Aufsetzen der Elektrode auf Schmelz in 35% der Fälle zu einer Reaktion, und zwar waren das die Fälle, in denen die Empfindung bereits bei relativ niederen Skalengraden (3—5) eintrat und die Größe der Füllung eigentlich keine Reaktion infolge Stromableitung erwarten ließ, so daß der Einfluß des Silberstiftes als gutleitender Wurzelkanalinhalt deutlich in Erscheinung trat.

Es lassen sich somit zwei Schlußfolgerungen ziehen:

1. Wenn wir bei Zähnen, die nicht bis zum Zahnfleisch reichende Füllungen besitzen, die Elektrode, in der Meinung, bei eventueller Vitalität eine um so schnellere Reaktion zu erhalten, direkt auf eine Zement- oder Metallfüllung setzen, so kann es in ca. 55% der Fälle auch bei pulpatoten Zähnen zu einer Reaktion kommen, die subjektiv von einer Pulpenreizung nicht zu trennen ist. Allerdings sind die erhaltenen Skalenwerte, wie später angeführte Untersuchungsergebnisse zeigen werden, höhere, als sie erhalten

werden, wenn man die Zement- oder Metallfüllung eines vitalen Zahnes mit der Elektrode berührt. Prüfen wir daher einen Zahn, der eine größere Füllung besitzt, mit Hilfe des faradischen Stromes auf seine Vitalität durch Aufsetzen der Elektrode auf die Füllung und erhalten bei relativ hohem Skalenwert eine Reaktion, so ist trotzdem in der Mehrzahl der Fälle mit Pulpatod zu rechnen.

2. Setzen wir die Elektrode auf Schmelz, so kann auch dann noch bei pulpatoten gefüllten Zähnen eine Reaktion eintreten. (Nämlich in ca. 17% der Fälle.) Meist sind das Fälle mit sehr großen Füllungen oder Zähne, die eine metallische Wurzelfüllung besitzen.

2. Ein lebender Zahn gibt negative Reaktion.

Als zweite Möglichkeit einer Fehldiagnose haben wir angenommen, daß ein lebender Zahn eine negative Reaktion gibt. Zum Ausfall der Pulpenreizung kommt er praktisch dann, wenn die dem Strom sich entgegenstellenden Widerstände das normale Maß bei weitem überschreiten. Das ist der Fall, wenn sich der Übergangswiderstand (Kontaktwiderstand) beim Übertritt des Stromes von der Elektrode zum Zahn stark erhöht, entweder dadurch, daß die Kontaktfläche zu klein ist oder die Elektrode mit zu geringem Druck aufgesetzt wird oder auch, wenn Trockenheit der Berührungsfläche den Stromdurchgang erschwert oder gar verhindert. Auch eine sehr große Schmelzdicke (z. B. an Höckerspitzen) unter der Elektrode kann zum negativen Resultat Anlaß geben. Was die Beeinflussung der Prüfung durch die Füllung betrifft, so kommt das wohl nur dann in Betracht, wenn die Elektrode statt auf Schmelz auf eine Füllung gesetzt wird, deren elektrische Leitfähigkeit weit geringer ist als die des Schmelzes. Eine solche Füllung ist Porzellan und Guttapercha, die beide als Isolatoren anzusehen sind und somit jegliche Stromleitung verhindern. Schon durch wenige Fälle wurde der Beweis erbracht, daß vitale Zähne mit Porzellan- oder Guttaperchafüllungen nie reagierten, wenn die Elektrode auf die Füllung gesetzt wurde, jedoch sofort normale Reaktion zeigten, wenn Schmelz als Kontaktfläche benutzt wurde. Das Ergebnis war vorauszusehen. Es wurde daher auf die Prüfung weiterer Fälle verzichtet. Praktisch wird sich auch die Benutzung der Porzellan- oder Guttaperchafüllung als Kontaktfläche bei der Untersuchung stets vermeiden lassen. Anders liegen die Verhältnisse, wenn es sich darum handelt, die Vitalität eines Zahnes zu prüfen, der eine Jacketkrone trägt. Es wurden zur Ergänzung 10 Zähne untersucht, die unter Erhaltung ihrer Vitalität Jacketkronenersatz erhalten

hatten. Sämtliche Versuchszähne waren nicht klopfempfindlich, zeigten kein Wurzelschwirren und die Anamnesen ergaben, daß seit Bestehen des Kronenersatzes keine Beschwerden aufgetreten waren. Bei Kronen, deren Anfertigung längere Zeit zurücklag, wurden außerdem zur Kontrolle Röntgenaufnahmen angefertigt. Sämtliche Zähne zeigten bei der faradischen Untersuchung negative Reaktion.

Als Schlußfolgerung ergibt sich, daß bei Zähnen, die mit Porzellan oder Guttapercha gefüllt sind, die Benützung der Füllung als Kontaktfläche auf alle Fälle vermieden werden muß, um nicht zu einer falschen Diagnose zu gelangen, und daß für Zähne mit Jacketkronen die faradische Untersuchung als Methode der Vitalitätsprüfung nicht anwendbar ist.

3. Der festgestellte Grad der Vitalität entspricht nicht dem wahren Lebenszustand der Pulpa.

Um ein derartiges unrichtiges Ergebnis zu vermeiden, ist es in erster Linie wichtig, die vergleichende Untersuchung exakt durchzuführen. Der Kontrollzahn soll gesund und ungefüllt sein, dem vermutlich kranken in seiner Bauart entsprechen und möglichst der korrespondierende im gleichen Kiefer sein. Außerdem ist es wesentlich, die Elektrode bei beiden in Frage kommenden Zähnen am gleichen Punkt der Krone anzusetzen. Alle anderen bereits erwähnten Fehler in der praktischen Durchführung der Untersuchung können natürlich auch hier zum falschen Resultat führen. Inwieweit die Anwesenheit von Füllungen an den zu untersuchenden Zähnen einen Einfluß auf das Resultat hat, wurde versucht, zahlenmäßig festzustellen. Dabei wurde wie folgt verfahren: Zur Prüfung fanden Zähne mit mehr oder weniger umfangreicher Karies Verwendung, an denen jedoch anamnestisch noch keine Beschwerden aufgetreten waren. Zunächst wurde die Kavität präpariert. Nun wurde an den betreffenden Zahn Spanngummi gelegt, die Reizschwelle ermittelt, unmittelbar darauf das Füllungsmaterial eingebracht und bald darauf die faradische Untersuchung wiederholt. Diese Art der Untersuchungsmethode bot eine Gewähr, daß für die Reaktionsfähigkeit der Pulpa und auch des Patienten bei beiden Prüfungen dieselben Bedingungen vorlagen. Vor und nach Abfüllen der Kavität wurde die Elektrode stets auf dieselbe Schmelzstelle gesetzt. Zur Ergänzung wurde noch eine dritte Prüfung unter Benutzung der Füllung als Kontaktfläche durchgeführt. Auf eine gleichzeitige Untersuchung des Kontrollzahnes wurde bewußt verzichtet, da diese überhaupt nur in einem Teil der Fälle möglich war und andererseits für den vor-

liegenden Zweck wenig zuverlässige Resultate erwarten ließ, da wir erfahrungsmäßig damit rechnen müssen, daß auch schon zwei intakte, korrespondierende Zähne nur in wenigen Fällen völlig gleiche Reizschwellen zeigen, was bereits früher erwähnt wurde. 67 Zähne wurden gefüllt und derart geprüft:

Füllung	Zahl d. Fälle	Gleiche Reizschwelle vor und nach d. Füllen der Kavität	Reizschwellenerniedrigung durch Füllen der Kavität	Reizschwellenerhöhung durch das Füllen der Kavität
Metall	34	in 8 Fällen	in 22 Fällen um durchschnittlich 0,8	in 4 Fällen um durchschnittlich 0,6
Zement	33	in 6 Fällen	in 22 Fällen um durchschnittlich 1,0	in 5 Fällen um durchschnittlich 1,1

Es zeigte sich also, daß in der Regel der Sensibilitätspunkt des gefüllten Zahnes tiefer lag als der des ungefüllten. Stets wurde auch hier wieder, wie bei der Untersuchung pulpatoter Zähne, die Größe der Füllung notiert und aufgezeichnet, ob die betreffende Füllung nur flach war oder bis in ziemliche Nähe der Pulpa reichte, was sich natürlich nur ungefähr feststellen ließ. Ein Vergleich der Ergebnisse zeigte dann, daß die Größe der Reizschwellenerniedrigung in den meisten Fällen im Verhältnis zur Größe bzw. Pulpennähe der gelegten Füllung stand. Das Aufsetzen der Elektrode auf die Füllung ergab sowohl bei Metall-, als auch bei Zementfüllungen ziemlich einheitlich sehr niedrige Skalengrade zwischen 0,7 und 1,9. Die zum Teil bestehenden Unterfüllungen hatten keinen Einfluß auf das Resultat.

Zur Erklärung der in den meisten Fällen eintretenden Herabsetzung des Sensibilitätspunktes muß auf das bei der Erläuterung der Stromableitung in pulpatoten, gefüllten Zähnen bereits Gesagte zurückgegriffen werden. Der elektrische Strom fließt auch im vitalen Zahn auf widerstandsärmstem Wege von einer Elektrode zur anderen. Dieser widerstandsärmste Weg ist im Innern des Zahnes die Pulpa. Durch sie wird infolge ihrer großen spezifischen Leitfähigkeit in jedem Falle der Hauptanteil des Stromes fließen, doch wird die auf sie einwirkende Stromstärke um so größer sein, je kürzer der Weg von der aktiven Elektrode zum Pulpenkavum ist und je geringere Widerstände sich der Stromleitung auf diesem Wege entgegenstellen. Da nun Füllungsmaterialien (außer Porzellan und Guttapercha) den Strom um vieles besser leiten lassen als Schmelz und auch Dentin, ergibt sich

daraus, daß ein Aufsetzen der Elektrode auf eine Füllung eine frühere Reaktion der Pulpa zur Folge haben muß, und daß weiter diese Reaktion um so stärker sein muß, je kürzer der Weg Füllung—Pulpa ist. Ganz analog liegen die Verhältnisse, wenn die Elektrode auf Schmelz gesetzt wird, indem auch dann Widerstandsverminderung infolge des eingeschalteten Füllungsmaterials zur schnelleren Pulpenreaktion führt.

Die letzten Untersuchungen zeigen somit, daß vitale Zähne im allgemeinen bei der faradischen Prüfung bei niedrigeren Stromstärken reagieren, wenn sie mit einem den Strom gut leitenden Füllmaterial gefüllt sind. Die Reizschwellerniedrigung infolge der Anwesenheit der Füllung entspricht einer Verminderung der Skalengrade um durchschnittlich 1 Grad. Eine Benutzung der Füllung als Kontaktfläche führt stets zu Resultaten, die ein falsches Bild vom Lebenszustand der Pulpa des geprüften Zahnes ergeben.

VII. Zusammenfassung.

Die Füllung ist ein Faktor, der bei der Auswertung der faradischen Untersuchung berücksichtigt werden muß.

1. Die Benutzung einer Füllung (gleich welchen Materials) als Kontaktfläche für die Elektrode muß nach Möglichkeit vermieden werden; denn
   a) pulpatote Zähne, die unter das Zahnfleisch reichende Füllungen besitzen, zeigen stets infolge Reizung der Gingiva eine scheinbar vitale Reaktion;
   b) pulpatote Zähne, mit nicht das Zahnfleisch berührenden Füllungen können infolge von Stromableitung und Parodontiumsreizung ebenfalls scheinbar vitale Reaktion zeigen;
   c) bei vitalen, mit Porzellan oder Guttapercha gefüllten Zähnen bleibt die Pulpenreizung aus;
   d) vitale, mit gutleitendem Material gefüllte Zähne reagieren bei sehr niedrigen Skalengraden, die nicht dem Lebenszustand der Pulpa entsprechen.
2. Pulpatote, gefüllte Zähne können auch beim Aufsetzen der Elektrode auf Schmelz eine scheinbar vitale Reaktion zeigen, wenn sie
   a) größere zentrale oder das Zahnfleisch berührende Metall- oder Zementfüllungen besitzen,
   b) mit metallischer Wurzelfüllung versehen sind.
3. Vitale, mit Zement oder Metall gefüllte Zähne reagieren in der Regel bei niedrigeren Skalengraden als ungefüllte.

So zeigt sich, daß die faradische Untersuchung häufig, auch bei exakter Ausführung, keine absolut verläßlichen Resultate liefert

und in Zweifelsfällen bei gefüllten Zähnen eine der anderen zur Vitalitätsprüfung verwendeten Methoden zur Sicherung der Diagnose herangezogen werden muß. Da Verfärbungen der Krone, besonders bei Amalgamfüllungen recht häufig sind, der Klopfschall bei gefüllten Zähnen meist durch die Anwesenheit des Füllmaterials verändert ist und die Endoskopie in diesem Falle ebenfalls oft nicht möglich ist, bleiben uns die thermometrische Methode, die Prüfung des Wurzelschwirrens, das Röntgenbild und zuletzt das Anbohren des betreffenden Zahnes als Untersuchungsmethoden für die Fälle, in denen der Verdacht besteht, daß die faradische Untersuchung ein Fehlresultat liefern könnte.

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Greth (jetzt in Leipzig) für die Zuweisung des Themas zu danken.

Ebenso danke ich Herrn Dozent Dr. Ritter für die freundlich übernommene Durchsicht der Arbeit.

Literatur-Verzeichnis.

v. An der Lahn: Die Anwendung des elektrischen Stromes zur Diagnose verschiedener Pulpaerkrankungen. Österr. ung. Viertelj.-Schr. f. Zahnheilkd. 1907, H. 2.

Borschke und Wolf: Eine neue Methode der elektrischen Zahnuntersuchung. Zeitschr. f. Stom. 1929, H. 3.

— Über galvanische Anschlußapparate. Zeitschr. f. Stom. 1928.

— Elektrodiagnostik der Zahnpulpa. Zeitschr. f. Stom. 1930, H. 2.

Dorn: Die Elektrizität und ihre Verwendung in der Zahnheilkunde.

G. Fischer: Über Sensibilitätsprüfungen menschlicher Zähne mit Hilfe des konstanten Stromes. D. Z. W. 1910.

Frohmann: Moderne diagnostische Methoden für die Erkrankungen der Pulpa und ihre Ausgänge. D. M. f. Z. 1907, H. 6.

Greth: Diagnostik der Pulpaerkrankungen im Lichte neuerer vergleichender klinischer und histologisch-anatomischer Untersuchungen.

Hafner-Schurter: Diagnose von Pulpakrankheiten mittels Elektrizität. Schweiz. Monatsschr. f. Zhlkd. 1902.

Hesse: Über den Nachweis des Lebenszustandes unversehrt aussehender Zähne durch den elektrischen Strom. D. M. f. Z. 1907.

Hoever: Verwendung des elektrischen Stromes in der Zahnheilkunde. Korresp.-Bl. f. Z. 1930.

— Zur Anwendung des elektrischen Stromes in der Zahnheilkunde. Diss. Heidelberg 1930.

Howeg: Die Methoden der Vitalitätsprüfung der Pulpa. Diss. Bonn 1936.

Immerschidt: Über die Anwendungsmöglichkeit der faradischen Ströme zu diagnostischen Zwecken in der Zahnheilkunde. Diss. Würzburg 1934.

Kerpel: Vitalitätsprüfung der Zähne mittels verschiedener elektrischer Stromarten.

Kowarschik: Elektrotherapie 1920.

Lecher: Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen 1930.

Leist: Über die Vitalität pulpenamputierter Zähne. Zeitschr. f. Stom. 1926, H. 6.

Leix: Grundzüge der zahnärztlichen Elektrotherapie und Röntgenologie 1920.

Mathis und Adler: Untersuchungen über den elektrischen Widerstand einiger in der Zahnheilkunde gebräuchlicher Zemente. Zeitschr. f. Stom. 1937.
— Untersuchungen über den elektrischen Widerstand des Dentins. Zeitschrift f. Stom. 1937.
Moschner: Klinische Untersuchungsmethoden. Fortschr. d. Z. 1925.
Münlist: Bemerkung zur Vitalitätsprüfung der Pulpa. Schweizer Monatsschr. f. Z. 1931.
Partsch: Handbuch der Zahnheilkunde, Band II.
Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde 1934.
Schellenberg: Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung von faradischem und Hochfrequenzstrom auf Zähne mit nekrotischer Pulpa. Diss. München 1935.
Schiller: Ist die Vitalitätsprüfung mit Kohlensäureschnee unschädlich? Zeitschr. f. Stom. 1937.
Schirrmann: Das Verhalten gesunder Zähne gegenüber dem Induktionsstrom bei entzündetem, benachbartem Paradontium. Diss. Kiel 1928.
Schoenbeck: Elektrotechnik in der Zahnheilkunde. 1912.
Schröder: Der Induktionsstrom als Diagnostikum für die zahnärztliche Praxis. Korresp.-Bl. f. Z. 1905.
— Der Induktionsstrom als Diagnostikum in der zahnärztlichen Praxis. D. Z. 1907.
Wächter: Zur Elektrodiagnostik von Pulpa und Wurzelhaut. Diss. Göttingen 1931.
Weißmüller: Untersuchungsmethoden der Zähne unter besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung für die ärztliche Unfallbegutachtung. Diss. München 1935.
Wolf: Über elektrische Zahnuntersuchung. Zeitschr. f. Stom. 1927.

Lebenslauf

Am 9. März 1914 wurde ich als Sohn des Lehrers Fritz Winkelmann und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Ketschker, in Militsch (Bez. Breslau) geboren. Nach dreijähriger Vorbildung auf der Volksschule besuchte ich 4 Jahre lang die Mittelschule in Militsch, trat dann in die Obertertia der Oberrealschule zu Oels i. Schles. ein und bestand hier Ostern 1933 die Reifeprüfung. Seit dem Sommersemester 1933 widmete ich mich dem Studium der Zahnheilkunde in Breslau, wo ich 1935 die zahnärztliche Vorprüfung und 1937 das zahnärztliche Staatsexamen bestand.